

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

009822691 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1994-102547/199413

XRPX Acc No: N94-080032

Chopper amplifier controlled solenoid valve operation - has up to 20 percent variation in frequency generated as pseudo-random signal provided by controller

Patent Assignee: MANNESMANN REXROTH GMBH (MANS )

Inventor: BAUER B

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
-----------	------	------	-------------	------	------	------

DE 4231799	A1	19940324	DE 4231799	A	19920923	199413 B
------------	----	----------	------------	---	----------	----------

Priority Applications (No Type Date): DE 4231799 A 19920923

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 4231799	A1	4	H01F-007/18		
------------	----	---	-------------	--	--

Abstract (Basic): DE 4231799 A

An electronic control system for solenoid valves is based on a chopper circuit principle in which a square wave signal of variable pulse is used to sample a second signal. In comparison to prior art systems where the chopper frequency is held constant, the circuit uses a frequency with a 20% variation over the average total frequency range.

The variation in frequency is produced by using a pseudo-random signal generation implemented in software. The non-uniformity of the frequency improves the signal-to-noise ratio.

USE/ADVANTAGE - For hydraulic or pneumatic valve control.

Dwg.2/2

Title Terms: CHOPPER; AMPLIFY; CONTROL; SOLENOID; VALVE; OPERATE; UP; VARIATION; FREQUENCY; GENERATE; PSEUDO; RANDOM; SIGNAL; CONTROL

Derwent Class: Q57; T06; U21; V02; X25

International Patent Class (Main): H01F-007/18

International Patent Class (Additional): F15B-013/044; F15B-021/08;

G05D-023/19

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): T06-B13; U21-B01A; U21-B02G; V02-E02A1; X25-L01A

?



①9 **BUNDESREPUBLIK**  
**DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES**  
**PATENTAMT**

⑫ **Off nlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 31 799 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 01 F 7/18**  
F 15 B 13/044  
F 15 B 21/08  
G 05 D 23/19

②1 Akt nz ichen: P 42 31 799.1  
②2 Anmeldetag: 23. 9. 92  
④3 Offenlegungstag: 24. 3. 94

**DE 42 31 799 A 1**

⑦1 Anmelder:  
Mannesmann Rexroth GmbH, 97816 Lohr, DE

⑦2 Erfinder:  
Bauer, Bernhard, 8770 Lohr, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 41 34 056 A1  
DE 41 01 673 A1  
DE 39 39 857 A1  
DE 39 27 972 A1  
DE 36 13 496 A1  
DE 34 25 574 A1  
DE 33 07 220 A1

N.N.: Pulsdauermoduliert - Digitales  
hydraulischesServoventil schaltet schnell im  
Rechnerverbund. In: Maschinenmarkt Würzburg, 93,  
1987, 14, S.102;  
MANSFELD, G.;  
TERSTEEGEN, J.:

ElektrohydraulischerPositionierantrieb mit  
schnellschaltenden Magnet- ventilen und  
pulsmodulierter Anstuerung. In: o + p ölhydraulik  
und pneumatik 22,1978,Nr.11,S.647-562;  
HESSE,H.;  
MÖLLER,H.: Pulsdauermodulierte Steuerung von  
Magnetventilen. In: o + p ölhydraulik und pneu-  
matik 16, 1972, Nr.11, S.451-457;

⑤4 Verfahren zum Betrieb eines von einem elektrischen Verstärker angesteuerten Magnetregelventils

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines von  
einem elektrischen Verstärker angesteuerten Magnetregel-  
ventils, das von einem Chopperverstärker oder von einem  
Gleichstromverstärker mit überlagertem Brummsignal oder  
von einem Quasi-Gleichstromverstärker mit überlagertem  
Brummsignal oder von einem Taktventilverstärker angesteu-  
ert wird, wobei die Chopperfrequenz oder die Brummfre-  
quenz oder die Taktventilfrequenz zwangsweise ungleichmä-  
ßig gewählt wird, wodurch die subjektive Geräuschentwick-  
lung des Regelventils und des angeschlossenen Gesamtsy-  
stems, insbesondere für Regelventile in Kraftfahrzeugen,  
vermindert wird.

**DE 42 31 799 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines von einem elektrischen Verstärker angesteuerten Magnetregelventils gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Magnetregelventile werden mit Chopperverstärkern, mit Gleichstromverstärkern, mit Quasi-Gleichstromverstärkern und mit Taktventilverstärkern betrieben.

Bei einem bekannten Chopperverstärker wird von einem Schaltelement (z. B. ein Feldeffekt-Transistor) eine Spannung in einem gleichmäßigen Takt auf das Magnetregelventil aufgeschaltet. Fig. 1 zeigt die Steuerung des Schaltelements  $U_{PWM}$  und schematisch den Strom durch den Magneten bei einem solchen vorbekannten Chopperverstärker. Ein gewünschter mittlerer Strom  $\bar{I}$  wird durch Pulsweitenmodulation (PWM) gesteuert oder geregelt. Die Frequenz der pulsweitenmodulierten Spannung (Chopperfrequenz) wird so gewählt, daß der Anker des Magneten zu einer Mikrobewegung (Chopperung) angeregt wird. Eine hohe Chopperfrequenz ergibt aufgrund der Magnetankerträge eine geringe Chopperung und damit eine hohe Reibung und eine schlechte Ventilhysterese. Eine niedrige Chopperfrequenz ist gut für die Ventilhysterese, schlägt sich aber als unerwünschte, gleichförmige Schwingung auf die zu regelnde Größe durch. Oftmals ergibt sich hier bei herkömmlichen Chopperverstärkern ein Abstimmungsproblem.

Ein Gleichstromverstärker verwendet zum Steuern oder Regeln des gewünschten Stromes  $\bar{I}$  nicht ein Schaltelement, sondern ein analoges Regelement (z. B. ein Bipolar-Transistor). Im Regelement wird üblicherweise Verlustleistung umgesetzt. Dem Stromsignal wird ein Brummstrom (Dither) überlagert, der ähnlich wie beim Chopperverstärker eine Microbewegung des Magnetankers anregt. Für die Frequenz des Brummstroms, bei konstanter Brummamplitude, besteht das gleiche Abstimmungsproblem wie beim Chopperverstärker.

Ein Quasi-Gleichstromverstärker ersetzt das analoge Regelement des Gleichstromverstärkers durch ein, bezogen auf die Brummfrequenz, höherfrequent getaktetes Schaltelement. Durch die überlagerte Taktung wird die Verlustleistung verringert.

Die überlagerte Taktung kann durch eine Pulsweitenmodulations-Stromregelung oder durch einen freischwingenden Stromregler, z. B. einen 2-Punkt-Regler erzeugt werden. Der freischwingende Stromregler ist nicht an eine feste Frequenz gekoppelt. Bei konstantem Stromsollwert stellt sich eine hohe Freischwingfrequenz ein. Bei Stromsollwertänderungen entstehen sehr lange Periodendauern.

Ein Taktventilverstärker schaltet das Magnetregelventil mit der Taktfrequenz ein und aus. Die Regelgröße ist proportional dem Verhältnis Einschaltdauer zu Ausschaltdauer. Die Periodendauer der Taktfrequenz ist dabei groß gegenüber der Schaltzeit des Ventils. Typische Taktfrequenzen sind kleiner als die Chopper- oder Brummfrequenzen der vorgenannten Verstärker.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, das Geräuschverhalten des Magnetregelventils und des angeschlossenen hydraulischen oder pneumatischen Systems zu verbessern, die Neigung zu gleichförmigen Schwingungen im System zu vermindern und bei Chopper-, Gleichstrom- und Quasi-Gleichstromverstärkern das Reibungsverhalten (Hysterese) des Magnetregelventils zu verbessern. Dies wird mit den Merkmalen nach dem

Kennzeichen des Anspruchs 1 erreicht.

Ein Chopperverstärker mit ungleichmäßiger Chopperfrequenz entsprechend den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 steuert oder regelt den Strom  $\bar{I}$  ebenfalls mittels Pulsweitenmodulation. Fig. 2 zeigt ein Beispiel für die Steuerspannung des Schaltelements und den Strom durch den Magneten nach der Erfindung. Dieser Verstärker verhält sich in bezug auf die Verminderung von Reibung wie ein Verstärker mit niedriger Chopperfrequenz, in bezug auf die Anregung von gleichförmigen Schwingungen wie ein Verstärker mit hoher Chopperfrequenz.

Der subjektive Geräuschpegel des Magnetregelventils mit der Ansteuerung mittels ungleichmäßiger Chopperfrequenz liegt niedriger als bei Ansteuerung mittels konstanter Chopperfrequenz. Dies trifft auch auf die anderen Ansteuerverstärker zu.

Beim Chopperverstärker ist ein Verfahren bekannt, welches nicht an eine feste Frequenz gekoppelt ist. Es werden hierbei für einen bestimmten Stromsollwert Versorgungsspannungs-Impulse von konstanter Länge vorgegeben und der Stromregler regelt dazu die nötige Impulspausenlänge. Bei hohen Versorgungsspannungen stellen sich lange Impulspausen ein. Bei niedrigen Versorgungsspannungen stellen sich kurze Impulspausen ein. Die Periodendauer setzt sich also aus einer konstanten Ein-Phase und einer variablen Aus-Phase zusammen. Eine inverse Ausführung mit konstanter Aus-Phase und variabler Ein-Phase ist auch möglich. Die Chopperfrequenz ändert sich mit der Versorgungsspannung.

Auch beim Taktventilverstärker ist ein Verfahren bekannt, welches mit einer konstanten Ein-Phase und einer variablen Aus-Phase bzw. invers arbeitet. Ist die variable Phase lang, entstehen niedrige Taktfrequenzen. Ist die variable Phase kurz, entstehen hohe Taktfrequenzen. Die Taktfrequenz ändert sich mit dem Sollwert.

Die Funktionsweise des Quasi-Gleichstromverstärkers mit freischwingendem Stromregler, des Chopperverstärkers mit konstanter und variabler Phase und des Taktventilverstärkers mit konstanter und variabler Phase darf nicht mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gleichgesetzt werden, da die Freischwing-, Chopper- oder Taktfrequenz nur von Führungs- und Störgrößen verändert wird.

Im Gegensatz zu den vorgenannten Verfahren wird beim erfindungsgemäßen Verfahren eine definiert ungleichmäßige Frequenz immer vorgegeben, die dem System z. B. mittels eines Generators nach Anspruch 3 aufgezungen wird. Auf diese Weise ist die gewünschte Frequenzänderung jederzeit, unabhängig von Führungs- oder Störgrößen wie z. B. Stromsollwert oder Versorgungsspannung, gewährleistet.

Die Chopper-, Brumm- und Taktfrequenz ist bei den bekannten Regelventilansteuerungen für konstante Führungs- und Störgrößen konstant. Diese konstante Frequenz schlägt als gleichmäßige Schwingung auf die Regelgröße z. B. Druck oder Durchfluß durch. Wegen der Gleichförmigkeit der Anregung bauen sich hohe Druck- oder Durchflußschwingungsamplituden auf. Die hohen Amplituden verschlechtern den ruhigen Lauf oder die Regelbarkeit des Gesamtsystems. Das Verhältnis Störsignal zu Nutzsignal ist schlecht. Bei der Ansteuerung mit ungleichmäßiger Frequenz werden geringere Amplituden von gleichförmigen Schwingungen erreicht, was zu einem ruhigeren Lauf führt.

Hauptvorteil der Erfindung ist jedoch das verbesserte Geräuschverhalten. Bei konstanter Chopper-, Brumm-

oder Taktfrequenz entstehen mechanische Schwingungen am Magnetventil direkt, in den Leitungen oder bei den angeschlossenen Verbrauchern. Diese Schwingungen sind dann als einzelner Ton von hoher Intensität störend zu hören. Insbesondere im Bereich der Fahrzeughydraulik und -pneumatik ist das Brummen von Taktventilen und das Summen von gehackten oder geditherten Proportional- und Servoventilen äußerst störend.

Eine Auswirkung der Erfindung ist, daß sich Schwingungen einer Frequenz nicht aufbauen können. Die Mischung von Schwingungen mehrerer Frequenz mit jeweils geringerer Intensität ist weniger störend als ein einziger Ton von hoher Intensität. Es kommt dabei nicht auf den in dB(A) zu messenden Schalldruck an, sondern auf das subjektive Geräuschempfinden.

Zufallsgeneratoren nach Anspruch 3 können als Software-Algorithmen z. B. in einem Microcontroller realisiert sein. Die bekannten Zufallsalgorithmen bevorzugen jedoch zeitweise bestimmte Frequenzen oder einen bestimmten Frequenzbereich. Es hat sich deshalb bewährt, die Zufallsfrequenzen von Hand möglichst ungleichmäßig auszuwählen. Auf diese Weise wird ein gleichmäßiger Frequenzwechsel, ohne Wiederholung oder Bevorzugung einer bestimmten Frequenz erreicht.

Enthält die Liste der Zufallsfrequenzen keine für das Ohr markanten Punkte ("weißes Rauschen"), kann sie nach einer, bezogen auf die Periodendauer der niedrigsten Zufallsfrequenz, sehr langen Zeit wiederholt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines von einem elektrischen Verstärker angesteuerten Magnetventils, wobei der Verstärker als Choppervverstärker, als Gleichstromverstärker mit überlagertem Brummsignal, als Quasi-Gleichstromverstärker mit überlagertem Brummsignal oder als Taktventilverstärker ausgeführt ist, dadurch gekennzeichnet, daß beim Choppervverstärker die Chopperfrequenz, beim Gleichstrom- und beim Quasi-Gleichstromverstärker die Brummfrequenz und beim Taktventilverstärker die Taktfrequenz unregelmäßig gewählt und die Frequenzunregelmäßigkeit definiert aufgezungen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bandbreite der Frequenzveränderung etwa 20% einer mittleren Gesamtfrequenz beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unregelmäßigkeit der Chopper-, Brumm- oder Taktfrequenz aus einem Zufallsgenerator erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zufallswerte des Zufallsgenerators innerhalb von Ober- und Untergrenzen linear nach einer Gaußverteilung oder nach einer anderen mathematischen Funktion verteilt sind.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Gleichstrom- und beim Quasi-Gleichstromverstärker zusätzlich zur ungleichmäßigen Brummfrequenz noch die Brummamplitude ungleichmäßig gehalten wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch die Kombination hohe Brummfrequenz mit hoher Brummamplitude, niedrige Brummfrequenz mit niedriger Brummamplitude.

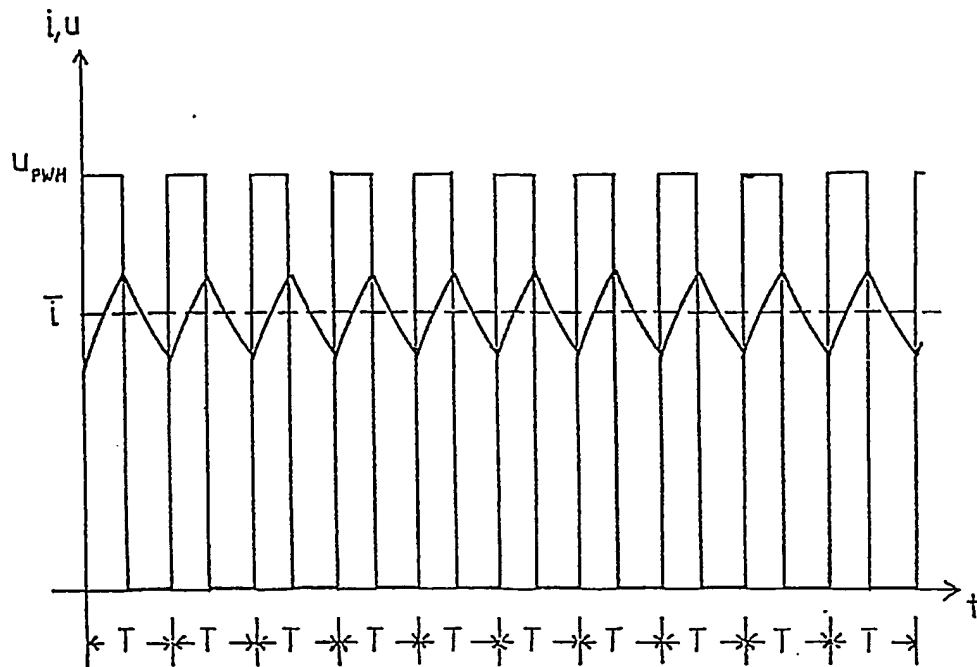
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die unregelmäßige Chopper-, Brumm- oder Taktfrequenzverstellung anderen vorbekannten Verfahren der Chopper-, Brumm- oder Taktfrequenzverstellung, z. B. dem Verfahren der Verstellung in Abhängigkeit einer Temperatur, überlagert wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei zwei oder mehreren Magnetregelventilen die ungleichmäßigen Chopper-, Brumm- oder Taktfrequenzen der einzelnen Ventile untereinander zwangsweise ungleich gewählt werden.

---

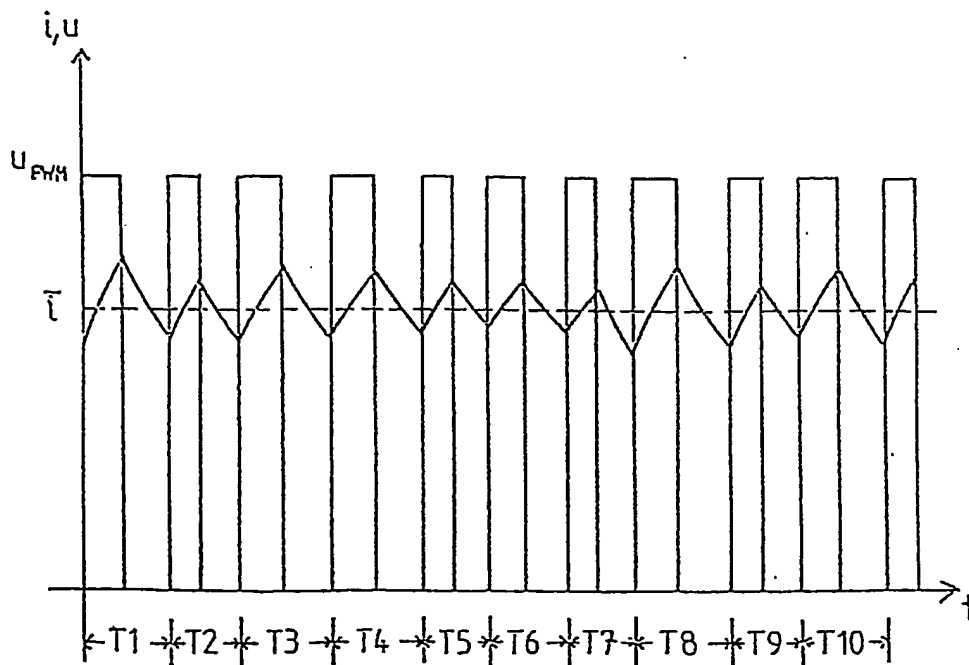
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---



$T = \text{const.}$

Fig.1



$T_1 \approx T_2 \approx T_3 \approx T_4 \dots$

Fig.2